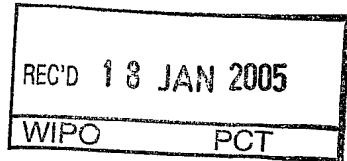


**PRV**PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET  
Patentavdelningen**Intyg  
Certificate**

Härmed intygas att bifogade kopior överensstämmer med de handlingar som ursprungligen ingivits till Patent- och registreringsverket i nedannämnda ansökan.

This is to certify that the annexed is a true copy of the documents as originally filed with the Patent- and Registration Office in connection with the following patent application.



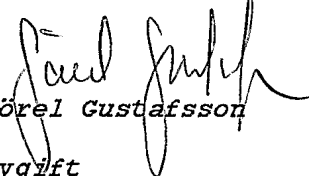
(71) Sökande                      ABB AB, Västerås SE  
Applicant (s)

(21) Patentansökningsnummer    0303612-6  
Patent application number

(86) Ingivningsdatum                      2003-12-31  
Date of filing

Stockholm, 2005-01-04

För Patent- och registreringsverket  
For the Patent- and Registration Office

  
Görel Gustafsson

Avgift  
Fee

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

## Metod och anordning för mätning av dimensioner och egenskaper hos ett mätobjekt

### Tekniskt område

5

Föreliggande uppfinning hänför sig i första hand till beröringsfri mätning/bestämning av ett mätobjekts eftersökta egenskaper eller parametrar såsom exempelvis geometriska dimensioner eller elektriska egenskaper. Detta kan vara mätobjektets tjocklek eller elektriska ledningsförmåga. Uppfinningen avser speciellt beröringsfri mätning som utnyttjar elektromagnetisk induktion och mäter på elektriskt ledande men huvudsakligen omagnetiska föremål såsom exempelvis metallprodukter.

15

Ett speciellt tillämpningsområde är tjockleksmätning vid tillverkning av metallplåtar, metallband etc och t.ex. där det är nödvändigt att kontinuerligt mäta plåtens tjocklek för att kunna höja plåtens eller bandets slutliga kvalitet.

20

Uppfinningen kan även användas för mätning av icke-metalliska, men dock elektriskt ledande, föremål.

25

Uppfinningen är speciellt ämnad för beröringsfri och samtidig mätning av tjocklek och elektriska egenskaper hos ett tunnt metalliskt och omagnetiskt material såsom exempelvis metallfolie.

30

### Uppfinningens bakgrund

Mätning av dimensioner och egenskaper hos metallprodukter är av central betydelse i dagens metallindustri. För att i

46 21 181386

9571SE - 031231/UR

Ink. t. Patent- och reg.verket

2

2003 -12- 3 1

Huvudfaxen Kassen

- tillverkningsprocesserna kunna styra slutprodukterna till önskad kvalitet är det av stor vikt att den kontinuerliga mätningen av olika storheter/parametrar av produkten är korrekt och pålitlig. Speciellt gäller detta vid tillverk-
- 5 ningen av plåt eller band, där t.ex. tjockleken är av vital betydelse. De tekniker som används idag såsom t.ex. ljusbaserade tekniker, strålningsbaserade tekniker och tekniker med mekanisk kontakt, är ofta känsliga för störningar i omgivningen och för det mätta materialets sammansättning.
- 10 Kända metoder är därför inte lämpliga att använda när högsta materialkvalitet eftersträvas. En ny grundläggande mätteknik som inte har dessa svagheter är därför nödvändig att påvisa.

#### 15 **Teknikens ståndpunkt**

- Induktiv mätteknik har sedan länge föreslagits som möjlig mätteknik för mätning av dimensioner och egenskaper hos metaller. De äldsta patentsökta metoderna inom området dateras
- 20 redan så tidigt som kring 1920. Denna teknik blev aldrig riktigt industriellt accepterad och tillämpad då mätningen av ett objekts tjocklek påverkades alltför mycket av materialets sammansättning.
- 25 Det var först genom den teknik som beskrivs i US 5059902 och SE 517293 som mätframgångarna kom och tekniken blev industriellt accepterad och tillämpad. Med den nya tekniken kunde industriellt användbara och framgångsrika mätanordningar konstrueras. Dessa mätanordningar löste de svagheter som
- 30 tidigare mätteknik varit behäftad med.

En nackdel med denna nya teknik har dock varit att den inte kunnat användas för mätning på mycket tunna plåtar, såsom exempelvis metallfolie. Detta är en väsentlig nackdel eftersom en industriell mätteknik bör vara generellt användbar och  
5 kunna mäta plåtar med olika tjocklekar och med olika materialegenskaper.

Ett annat känt förfarande för beröringsfri mätning av tjockleken hos en plåt är att bestråla plåten med radioaktiv  
10 strålning eller med röntgenstrålning och sedan mäta strålningsabsorptionen hos plåten. Denna absorption är beroende av bl.a. tjockleken hos plåten och utgör ett primärt mätvärde för dess tjocklek. Mätvärdet påverkas dock även av materialets sammansättning, varför noggrannheten i mätningen inte blir  
15 tillräckligt bra.

Det är också tidigare känt att mäta tjockleken hos ett band eller en plåt hos ett elektriskt ledande material med elektriska induktionsmetoder. Man låter därvid en eller flera  
20 sändarspolar alstra ett tidsvarierande magnetfält som bringas att tränga in i det elektriskt ledande materialet och där inducera en ström. Denna ström alstrar i sin tur ett magnetfält som inducerar en spänning i en eller flera mottagar-  
spolar. Den inducerade spänningen används, efter någon signal-  
25 behandling, som ett mått på tjockleken.

De för ändamålet mest lämpade och därmed i praktiska sammanhang mest använda förfarandena och anordningarna baserar sig på användning av den tidsvariation som erhålls när ström  
30 till sändarspolarna stängs av plötsligt, exempelvis i ett steg. Detta sätt att åstadkomma tidsvariation har visat sig ge praktiskt användbara metoder och anordningar i en väsentligt

46 21 181386

9571 SE - 031231/UP

Ink. t. Patent- och reg.verket

4

2003-12-31

Huvudföreläsningen

högre grad än den teknik, baserad på sinusformad tidsvariation, som tidigare var den allmänt använda.

Det förfarande som beskrivs i US 5059902 har visat sig fungera  
5 väl i många mätsammanhang där mätning på elektriskt ledande material eftersträfvats. Men vid mätning på plåt eller band har det visat sig att de högsta kraven på mätnoggrannhet inte kunnat uppnås. Mätning vid flera tidpunkter, och beräkningar baserade på dessa mätvärden, ger för stora sammanlagda fel.

10

I SE 517293 beskrivs en sådan metod som baseras på en plötsligt avstängd ström till sändarspolen. Denna metod har löst mätproblemet genom att huvudsakligen en mätning under en  
15 viss given tidsperiod direkt ger plåtens eller bandet tjocklek, utan inverkan från andra varierande parametrar.

Denna metod har inneburit ett industriellt genombrott för tillverkning av metallplåt. Man har i och med denna teknik kunnat mäta tjocklek utan inverkan från materialparametrar,  
20 som när man använder röntgen/x-ray eller isotopteknik. Man får ingen störande inverkan från mätområdets sammansättning, dvs. luftens sammansättning, omgivningens eller materialets temperatur, olja och smuts, som när man använder x-ray, isotop eller optisk mätning. Ändå sker mätningen kontakt- eller  
25 beröringsfritt.

Ett problem är dock att tekniken inte kan användas vid mätning på mycket tunna plåtar och band. Vid denna typ av mätning  
tränger magnetfältet mycket snabbt in till plåtens eller  
30 bandets centrum och större delen av denna inträngning sker under en initial tidsperiod. Då den egentliga mätningen skall göras, dvs under en något senare tidsperiod, har effekten av

förändringen redan upphört och något användbart mätvärde erhålls inte.

Att inte kunna mäta på tunna plåtar och band innebär att användbarheten av metoden minskar betydligt, eftersom samma användare av metoden oftast vill kunna använda mätanordningarna på såväl tjocka som tunna plåtar. Annan teknik måste alltså införskaffas och användas parallellt vilket innebär merkostnader etc.

10

Med dagens teknik för kontaktfri mätning på tunn plåt, såsom röntgenstrålning och radioaktiva metoder, kan plåt inte mätas materialoberoende, mätningen måste anpassas/justeras med hänsyn till det mätta materialets sammansättning. Vidare påverkas mätningen av annat än plåten i mätområdet, såsom av olja, vatten, luft och andra föroreningar. Dessa problem i existerande teknik utgör allvarliga problem som begränsar kända teknikers pålitlighet och därmed deras användbarhet.

15

20

#### **Uppfinningens ändamål och viktigaste kännetecken**

Ett viktigt problem som behöver lösas är att tidigare kända mätmetoder och anordningar inte kan användas för mätning av tunna eller mycket tunna plåtar såsom t.ex. metallfolie.

25

Tidigare märanordningar och metoder har inte kunnat uppnå kraven på mätnoggrannhet, inte ens då man använt induktiva metoder. Beräkningar baserade på sådana mätvärden har lett till för stora fel.

30

Ett ytterligare problem med känd teknik är att mätning av t.ex. en produkts tjocklek påverkas av mätobjektets material-sammansättning.

- 5 Ytterligare ett problem är att olika metoder och mätanordningar måste användas parallellt idag för att utföra mätningar på både tunna och tjocka plåtar.

- 10 Ett viktigt problem att lösa för att få ett riktigt genombrott för den nya tekniken är att åstadkomma en mätmetod och mätanordning som har likartad grundteknik för mätning av både tjocka och tunna material.

- 15 Ytterligare problem är att tillverkning av band och plåt är en kraftkrävande process och i samband med olyckor finns alltid risk att mätare, som tjockleksmätare, skadas eller slås sönder. Det är därför viktigt att mätanordningarna är enkla, billiga och robusta.

- 20 Ändamålet med föreliggande uppfinning är att åstadkomma en metod och en anordning som löser ovan angivna problem och som använder sig av induktiv mätning av plåttjocklek och elektrisk ledningsförmåga hos tunna band eller tunn plåt av elektriskt ledande material.

- 25 Ytterligare ett ändamål med föreliggande uppfinning är att åstadkomma en mätning av plåttjocklek som kan utföras med de anordningar som redan används för att åstadkomma mätning av plåttjocklek på tjockare band eller plåt. Inte heller
- 30 mätobjektets läge vid mätningen skall påverka mätnoggrannheten negativt.

Detta åstadkommes enligt föreliggande uppfinning genom

- placering av en sändarspole 3 på ena sidan av mätobjektet 5,
- placering av en mottagarspole 7 på andra, motsatta, sidan av mätobjektet 5,
- 5 - alstring av ett magnetfält i sändarspolen 3,
- plötslig förändring av det i sändarspolen 3 alstrade magnetfältet,
- detektering av den i mottagarspolen 7 inducerade spänningen  $S_1$ ,
- 10 - bestämning av den tidsperiod  $T_a$  som förflyter från tidpunkten  $t_0$  för magnetfältets förändring i sändarspolen 3 fram till tidpunkten  $t_1$  då en spänning börjar induceras i mottagarspolen 7,
- bestämning av den i mottagarspolen 7 inducerade spänningens
- 15 maximala storlek  $S_{1max}$ , och
- utifrån erhållna mätvärden beräkning av mätobjektets 5 tjocklek och/eller elektriska ledningsförmåga.

En uppfinningsenlig mätanordning innefattar

- 20 - att sändarspolen 3 är anordnad att alstra ett förändringsbart magnetfält,
- att mottagarspolen 7 är anordnad att alstra en spänning  $S_1$  när den utsätts för en magnetfältsförändring,
- att en styrkrets 1 är anordnad att initiera en plötslig
- 25 förändring av magnetfältet i sändarspolen 3,
- att medel 10,11,12,13 är anordnade att bestämma tidpunkten  $t_1$  för magnetfältets genomträngning av mätobjektet 5 och därmed tidsperioden  $T_a$ ,
- att medel 13 är anordnade att detektera den i mottagarspolen
- 30 7 maximalt inducerade spänningen  $S_{1max}$ , och att medel 13 är anordnade att ur dessa värden beräkna mätobjektets 5 tjocklek eller elektriska ledningsförmåga.



Med andra ord mäts den inducerade spänningens tidsförlopp i mottagarspolen efter en plötslig avstängning av strömmatningen till sändarspolen och dessa mätvärden används i en beräkning  
5 där plåtens tjocklek kan bestämmas utan att plåtens övriga egenskaper inverkar. Enligt uppfinningen utförs detta alltså väsentligen genom att ur spänningens tidsförlopp beräkna en tid då magnetfältetsförändringen, härrörande från den plötsliga avstängningen av strömmatning i sändarspolen, börjar  
10 tränga igenom plåten och genom att också ur spänningens tidsförlopp mäta den inducerade spänningen efter det att fältförändringen trängt igenom plåten och att sedan använda förhållandet mellan denna beräknade tid och den uppmätta spänningen som ett primärt mått på plåtens tjocklek.

15

Föreliggande uppfinning löser därmed problemet att göra den magnetiska mättekniken generellt användbar. En användare av tekniken enligt SE 517 293 behöver inte helt byta grundteknik då plåt med tunn tjocklek skall mätas. Uppfinningen gör att  
20 mätningen för tunn plåt kan utföras med samma typ av utrustning och metod.

Uppfinningen möjliggör mätning med några få, ytterst enkla komponenter, som inte heller är känsliga för mekanisk åverkan och sönderslagning. Utrustningen innehåller enkla spolar och  
25 några få enkla elektriska/elektroniska standardkomponenter.

Utrustningen kan därför med fördel integreras med en tjockleksmätare för tjockare plåt enligt känd teknik. Det är till  
30 och med möjligt att använda vissa av komponenterna, men på skilda sätt, gemensamt i båda mätanordningarna.

**Kort beskrivning av bifogade ritningsfigurer**

Uppfinningen beskrivs närmare nedan under hänvisning till  
5 bifogade ritningar.

**Figur 1** visar ett elektroniskt kretsschema över en  
upppfinningsenlig mätutrustning.

**Figur 2A-E** visar fem olika signaldiagram där signalvärden vid  
10 olika tidpunkter framgår.

**Figur 3** visar en alternativ lösning av en upppfinningsenlig  
mätutrustning där strömriktningen genom sändarspolen växelvis  
ändras.

**Figur 4** visar ett flödesschema över en upppfinningsenlig metod.  
15

**Beskrivning av föredragna utföringsformer av upppfinningen**

I figur 1 visas ett upppfinningsenligt kretsschema för mätning.  
20 av tjocklek och ledningsförmåga hos ett föremål eller  
mätobjekt 5 och dess elektriska egenskaper. Mätobjektet 5, här  
i form av en plåt, placeras mellan en sändarspole 3 och en  
mottagarspole 7.

25 Sändarspolen 3 matas under en första tidsperiod T1 med en i  
huvudsak konstant ström i som kommer från en strömkälla 4 via  
en transistor 2. Transistorn 2 styrs av en signal Scl från en  
styrkrets 1.

30 Under en första tidsperiod T1, en strömmatningsperiod, leder  
transistorn 2 ström från strömkällan 4 till sändarspolen 3 och  
vidare till jord Gnd. Direkt efter denna strömmatningsperiod

T1 avbryts strömmen till sändarspolen 3 genom att transistorn 2 stänger. Ett motstånd 6 över sändarspolen 3 tjänar som urladdningsmotstånd i samband med strömavbrottet.

- 5 Detta motstånd 6 tillsammans med sändarspolens 3 induktans bestämmer sändarspolens 3 avslagstid.

Plåten 5, vars tjocklek eller elektriska ledningsförmåga skall mätas, placeras i närheten av sändarspolen 3, så att plåten 5  
10 påverkas av det från sändarspolen 3 genererade magnetfältet. På andra sidan om denna plåt 5 är en mottagarpole 7 anordnad på ett sådant avstånd från sändarspolen 3 att den påverkas av sändarspolens 3 magnetfält.

- 15 Mottagarpolen 7 är med sin ena anslutning kopplad till jord, Gnd och med sin andra anslutning kopplad till en spänningsförstärkare 9 och över mottagarpolen 7 är också ett urladdningsmotstånd 8 placerat. Spänningsförstärkaren 9 transformerar den inducerade spänningsnivån S1 över mottagarpolen 7  
20 till en lämplig nivå för integratorkretsen 10. I denna integratorkrets 10 integreras spänningen från förstärkaren 9 från den tidpunkt t1 då matningen via transistorn 2 avbryts och framåt i tiden. Styrningen av integratorkretsen 10 utförs av (tids-) styrkretsen 1 via en signal Sc2. Den integrerade  
25 signalen S2 leds till två parallella "Sample and Hold" eller S/H-kretsar 11,12 där den integrerade signalens S2 värde vid två olika tidpunkter, bestämda av styrsignaler Sc3 och Sc4 från styrkretsen 1, bestämmas som två olika spänningsnivåer S3, S4.

30

De stabila spänningarna S3 och S4 kan nu användas som utgångsvärden för beräkning av såväl plåtens tjocklek som dess elek-

triska ledningsförmåga. Detta göres i en beräkningskrets 13, som i t.ex. kan vara en subtraktionsförstärkare, en processor, en dator eller liknande. Beräkningskretsen 13 presenterar slutresultatet i form av en utsignal till en dator eller  
5 liknande eller helt enkelt ett värde som visas i en presentationsenhet 14.

Figur 2A-E illustrerar exempeldiagram på de olika signaler som förekommer i en mätutrustning enligt figur 1. Fem olika  
10 diagram A-E visas där i varje diagram den horisontella axeln visar tiden och den vertikala axeln visar ström alternativt spänningsnivåer. En styrsignal Scl bringar, som nämnts, transistorn 2 under en tidsperiod T1 att öppna och låta ström passera genom sändarspolen 3. Tidsperioden T1 är så lång att  
15 väsentligen alla förändringar i magnetfältet, alstrat av sändarspolen 3, beroende av förändringar i strömmen i, har upphört. I diagrammen i figur 2 anses tidsperioden T1 påbörjad redan före den tid som visas i diagrammen.

20 Vid tidpunkten t0 bringas transistorn 2 att stänga av strömmen genom sändarspolen 3. Strömmen genom sändarspolen 3 i, framgår av diagrammet A. Den förändring i magnetfältet alstrat av sändarspolen 3 som blir en konsekvens av förändringen av strömmatningen tränger så småningom igenom plåten 5 och  
25 förändringen av magnetfältet kring mottagarspolen 7 inducerar en spänning S1 i mottagarspolen 7. Den på detta sätt inducerade spänningen S1 visas i diagrammet B i figur 2.

Endast tidsförändringen under tidpunkterna t0 till t4 är av  
30 primärt intresse då det är under denna tidsperiod som mätningen av de aktuella parametrarna sker. Vid tidpunkten t0 sker först ingen fältförändring vid mottagarspolen 7, beroende på

46 21 181386

SE7136 - 031231/UR

Ink. t. Patent- och reg.verket

2003-12-31

12

Huvudfaxen Kassar

att det tar viss tid för fältförändringen från sändarspolen 3 att tränga igenom mätobjektet, plåten 5. Frånvaron av fältförändring över mottagarspolen 7 gör alltså att den inducerade spänningen i mottagarspolen 7 initialt vid tidpunkten  $t_0$  är

5 noll.

Efter en tidsperiod  $T_a$ , från tidpunkten  $t_0$  då strömmen i sändarspolen 3 stängts av, har magnetfältsförändringen trängt igenom plåten 5 och därvid förändras även magnetfältet i och

10 kring mottagarspolen 7, vilket i sin tur ger upphov till en inducerad spänning i mottagarspolen 7. Fältförändringen i mottagarspolen 7 och därmed spänningen över mottagarspolen 7  $S_1$  når efter kort tid ett maximalt värde  $S_{1max}$  för att därefter med tiden sakta avta.

15

Signalen  $S_1$  förstärks i förstärkarkretsen 9 och integreras i integratorkretsen 10 till en signal  $S_2$ . Signalens  $S_2$  förändring över tiden visas i diagrammet i figur 2C.

20 Integratorkretsen 10 är nollställd under den tidsperiod  $T_1$  då sändarspolen 3 strömmatas och integrerar inkommande signalspänning  $S_1$  först från tidpunkten  $t_0$  och framåt. Vid en tidpunkt  $t_4$ , då signalvärden  $S_3, S_4$  mätts vid två olika tidpunkter  $t_2, t_3$  och lagrats i S/H-kretsarna 11, 12 nollställs integratorkretsen 10 av styrkretsen 1.

25

I diagrammet i figur 2D visas spänningssignalen  $S_3$  som detekterats vid tidpunkten  $t_2$ . S/H-kretsen 11 styrs av styrsignalen  $So_3$  från styrkretsen 1 på ett sådant sätt att det värde spänningssignalen  $S_2$  har vid tidpunkten  $t_2$  fasthålls av S/H-kretsen. Den spänningssignal som kommer ut från denna S/H-

30

krets 11 när förloppet avslutats, dvs efter tidpunkten t4, representerar alltså signalförhållandet vid tidpunkten t2.

På motsvarande sätt representerar diagrammet i figur 2E den  
5 spänningssignal som detekteras av S/H-kretsen 12 och som representerar den integrerade signalens S2 storlek vid tidpunkten t3.

Därmed har en sekvens av matning av en sändarspole 3 och  
10 mätning vid en mottagarspole 7 beskrivits. Vid praktisk användning av denna metod och anordning upprepas denna sekvens regelbundet. Därvid kommer utsignalerna från S/H- kretsarna 11,12 inte att vara noll under tidsperioden T1 och fram till tidpunkterna t2 och t3. Istället kommer signalvärdena från  
15 föregående sekvens att finnas kvar under denna tid.

Enligt uppfinningen väljs tidpunkten t2 på ett sådant sätt att magnetfältets förändring väl hunnit tränga igenom, efter tidsperioden Ta, men före det att signalen S1 från mottagar-  
20 spolen, har hunnit sjunka avsevärt från sitt maximala värde. Tidsperioden Ta kan antingen bestämmas genom att mäta när spänningssignalen i mottagarspolen 7 har ett värde större än noll för första gången eller genom att använda mätningar och beräkningar från ett tidigare mättillfälle.

25 Tidsperioden Ta kan även beräknas ur relationen;

$$Ta = \text{Konstant}1 \times (\text{Plättjockleken})^2 \times \gamma$$

30 där  $\gamma$  är plåtens elektriska ledningsförmåga.

46 21 181386

9571SE 031231/UR

Ink. t. Patent- och reg.verket

2003-12-31

14

Huvudfaxen Kasten

Konstant<sub>1</sub> är en allmängiltig konstant som antingen kan beräknas med fältteori eller mätas upp i ett känt fall. Vid praktisk användning av denna beräkningsformel användes till att börja med uppskattade värden på plåttjocklek och elektrisk ledningsförmåga. Därefter väljs  $t_2$  så att tidsperioden  $t_1$  till  $t_2$  med betryggande marginal är större än detta  $T_a$  värde.

Typiskt väljs  $t_2$  så att tidsperioden blir dubbelt så lång som  $T_a$  men anordningen fungerar väl även med val av  $t_2$  så att tidsperioden blir mellan  $1,2 \times T_a$  och upp till lång tid efter  $T_a$ , exempelvis 10 gånger längre tid. En konsekvens av detta blir att  $T_a$  endast behöver uppskattas grovt för bestämning av  $t_2$  och  $t_3$ , vilket väsentligen underlättar användningen av uppfinningen.

Som exempel kan nämnas att om plåttjockleken anges i mm, ledningsförmågan i  $1/\Omega\text{m/m}$  och tiden i mikrosekunder så är Konstant<sub>1</sub> ungefär  $2 \times 10^{-5}$ .

Tidpunkten  $t_2$  väljs vidare så att den inträffar inom tidsperioden  $T_b$ , en tidsperiod efter vilken  $S_1$  fortfarande ligger nära sitt maximala värde  $S_{\text{max}}$ . Med att  $S_1$  ligger nära avses här att signalvärdet ej sjunkit mer än 10%. De bästa resultaten vid användning av anordningen enligt uppfinningen erhålls om  $T_b$  är en tidsperiod av sådan längd att signalvärdet  $S_1$  endast sjunkit ytterst lite från sitt maximala värde, till exempel 2% vid slutet av perioden.

Även i det fall att signalvärdet mätes vid en tidpunkt när det sjunkit under  $S_{\text{max}}$  kan ett riktigt värde på  $S_{\text{max}}$  beräknas med tillräcklig noggrannhet. En justering av de uppmätta värdena vid  $t_2$  respektive  $t_3$  kan erhållas genom;

46 21 181386

9571 SE - 031281 UR

Ink. t. Patent- och reg.verket

2003-12-31

Huvudtaxen Kassan

15

$$S3_{just} = \frac{1 - \sqrt{1 - 2 * konstant2 * S3}}{konstant2}$$

$$S4_{just} = \frac{1 - \sqrt{1 - 2 * konstant2 * S4}}{konstant2}$$

$$S1_{max} = \frac{S4_{just} - S3_{just}}{t3 - t2}$$

Konstant2 är därvid en fundamental konstant som kan beräknas eller uppmätas i ett fall med känt mätobjekt 5. Beräkningen av  $S3_{just}$  och  $S4_{just}$  kan förfinas ytterligare och på så sätt göra det möjligt att mäta även när signalvärdet sjunkit mer än 10 %, men innanför dessa 10% är ovanstående justering tillräcklig.

10

Tidpunkten  $t3$  väljs så att den ligger efter tidpunkten  $t2$  men ändå före det att signalen  $S1$  hunnit sjunka alltför mycket från  $S1_{max}$ . Erfarenhetsmässigt har det visat sig lämpligt att förlägga tidpunkten  $t3$  ungefär dubbelt så långt från  $t1$  som  $t2$ .

15

I den ovan beskrivna utföringsformen av uppfinningen har strömmatningen till sändarspolen 3 avbrutits. Uppfinningen är dock inte begränsad till en sådan förändring av strömmatningen, utan uppfinningen kan fås att fungera även med andra plötsliga förändringar från ett konstant strömvärde till ett annat. En total avstängning av strömmen, från ett konstant strömvärde ner till noll, är oftast att föredra inte minst för att det är tekniskt lättare att snabbt stänga av en ström helt med en transistor än att snabbt slå till en ström eller att snabbt ändra en ström från ett värde till ett annat.

20

25



46 21 181386

9571SE - 031231/UR

Ink. t. Patent- och reg.ver

2003-12-31

16

Huvudförf. Kossan

Genomträngningsperiodens ( $T_a$ ) längd beräknas enligt uppfinningen genom att betrakta spänningen  $S_2$  som en linjär funktion av tiden i området kring  $t_2$  och  $t_3$  och sedan med hjälp av signalvärdena  $S_3$  och  $S_4$  vid  $t_2$  och  $t_3$  beräkna denna funktions  
5 tidsvärde när signalen är noll (0). Likaledes beräkna  $S_{lmax}$  som denna funktions lutning. Alternativt användes  $S_{3just}$  och  $S_{4just}$  för denna beräkning i det fall att signalen  $S$  har sjunkit avsevärt i relation till  $S_{lmax}$ . Objektets tjocklek kan sedan beräknas som produkten av  $S_{lmax}$  och  $T_a$ .

10

De två signalvärdena  $S_3, S_4$  som erhålls från S/H-kretsarna 10, 11, eller alternativt de beräknade värdena  $S_{3just}, S_{4just}$ , användes för att på ett entydigt sätt beräkna värden på mätobjektets, plåtens 5, tjocklek och elektrisk ledningsförmåga.  
15 Detta utförs i beräkningskretsen 13 genom att beräkna tjockleken och den elektriska ledningsförmågan  $\gamma$  ur algoritmen;

$$\text{Plåttjocklek} = \text{Konstant3} \times (S_3 \times t_3 - S_4 \times t_2) / (t_3 - t_2)$$

$$\gamma = \text{Konstant 4} / ((S_4 - S_3) \times (S_3 \times t_3 - S_4 \times t_2))$$

20

Konstant3 och Konstant4 bestäms genom mätning på plåt med  
känd tjocklek och med känd elektrisk ledningsförmåga. Detta  
beräkningsätt har visat sig fungera väl när tiderna  $t_2$  och  $t_3$   
kan väljas så att de båda kommer att ligga nära det maximala  
25 värdet  $S_{lmax}$  på signalen  $S_1$ . Det kan dock vara svårt att i ett  
praktiskt fall välja  $t_2$  och  $t_3$  på detta sätt, beroende på att  
man i förväg inte känner till var i tiden detta maximivärde  
ligger.

30 Enligt ett alternativt förfarande enligt uppfinningen kan man  
också utgå ifrån ett på förhand känt utseende på den integrerade  
signalen  $S_2$ , känt genom uppmätning av ett flertal plåtar

46 21 181386

Ink. t. Patent- och reg.

9571SE - 931231/DR

2003-12-31

17

Huvudföreläsning

med känd tjocklek och känd ledningsförmåga eller känt genom beräkning, och genom att jämföra detta kända utseende med signalen för S3 vid t2 och S4 vid t3, kan tjocklek och elektrisk ledningsförmåga beräknas på den okända plåten under mätning.

5

Enligt ett likaledes alternativt förfarande enligt uppfinningen kan genomträngningstiden  $T_a$  och den maximal inducerade spänningen  $S_{lmax}$  beräknas direkt ur den inducerade signalen S1 enligt figur 2. Detta kan göras antingen genom att detektera när en viss signalnivå uppnås första gången efter t1 som ett mått på  $T_a$  och genom att maxvärdesavkänna signalen S1 som ett mått på  $S_{lmax}$ . Sedan kan plåtens tjocklek beräknas såsom varande proportionell mot produkten av dessa båda värden.

15 Vidare kan den elektriska ledningsförmågans reciproka värde erhållas som produkten av kvadraten på värdet av  $S_{lmax}$  och värdet av  $T_a$ . Värden på  $T_a$  och  $S_{lmax}$  kan även åstadkommas på likartat sätt genom att först omvandla signalen S1 i digital form och därefter genomföra bestämningen enligt ovan i en  
20 beräkningskrets.

Ett alternativt sätt att bestämma genomträngningstiden  $T_a$  och magnetflödet genom plåten 5 visas i figur 3. Två transistorer 2a,b är härvid anordnade för styrning av matningsströmmen till  
25 sändarspolen 3. Den första transistorn 2a är anordnad att leda ström från en konstant strömkälla 4a till sändarspolen 3 och den andra transistorn 2b för att leda ström från sändarspolen 3 till utgången 4b kopplad till en konstant strömsänka eller spänning med negativ potential. Ett urladdningsmotstånd 6 är  
30 kopplat över sändarspolen 3. De båda transistorerna 2a och 2b styrs från styrkretsen 1 på sådant sätt att de växelvis leder ström, med styrsignalerna Sc1 och Sc2.

9571SE - 031231-DA

Ink. t. Patent- och register

2003-12-31

18

Huvudfaxen Krossen

Under en första tidsperiod T1, fram till tidpunkten t0 (se figur 2), leder endast den ena transistorn 2a ström så att strömmen flyter genom sändarspolen 3 och därefter till jord Gnd. Under tidsperioden från t0 till en tidpunkt någon gång efter t4 är båda transistorerna 2a,b stängda och signalerna, som den inducerade spänningen i mottagarspolen 7 alstrat, mäts. Därefter upprepas förloppet med den skillnaden att den andra transistorn 2b leder ström åt motsatt håll, dvs från jord Gnd genom sändarspolen 3 via transistorn 2b till utgången 4b som har en negativ potential.

Magnetfältets förändringar kommer nu växelvis att ha olika riktning och den i sändarspolen 3 inducerade spänningen S1 kommer växelvis att vara av olika polaritet. Signalen ut från S/H-kretsarna 11,12 blir en växelspänning med fyrkantsvägsutseende. När denna signal behandlas i beräkningskretsen 13 används skillnaden mellan det positiva signalvärdet och det negativa signalvärdet som mätvärden av S3,S4. På detta sätt erhålls värden på de båda storheterna som inte påverkas av t.ex. nollpunktsfel i elektronikkretsarna 7-12, och beräkningen av plåtens 5 tjocklek och elektrisk ledningsförmåga blir ännu mer noggrann än vid användning av kretslösningen enligt figur 1. Utföringsformen enligt figur 3 är att föredraga när riktigt höga krav på mätnoggrannhet behöver uppnås.

Metoden enligt uppfinningen kan, åtminstone delvis, utföras med hjälp av programkoder som körs i en processor eller i en dator och dessa programkoder kan lagras på ett datorläsbart medium som en hårddisk, diskett, CD-ROM, annat flyttbart minne etc.

Även om uppfinningen här ovan har beskrivits i några utför-  
ingsexempel är uppfinningen naturligtvis inte begränsad till  
dessa utan andra utföringsformer och varianter är tänkbara  
inom patentkravens skyddsomfång. Således är det t.ex. tänkbart  
5 att beräkningen av mätobjektets tjocklek och/eller elektriska  
ledningsförmåga kan ske även med andra helt eller delvis  
annorlunda matematiska formler än vad som framgår av ansökan.

**Patentkrav**

1. Metod för beröringsfri mätning av en dimension och/eller en elektrisk egenskap, hos ett elektriskt ledande mätobjekt genom användning av elektromagnetisk induktion, och vid vilken metod ett elektromagnetiskt fält bringas att tränga igenom mätobjektet,
- 5 **kännetecknad av,**
- placering av en sändarspole (3) på ena sidan av mätobjektet
  - 10 (5),
  - placering av en mottagarspole (7) på andra, motsatta, sidan av mätobjektet (5),
  - alstring av ett magnetfält i sändarspolen (3),
  - plötslig förändring av det i sändarspolen (3) alstrade
  - 15 magnetfältet,
  - detektering av den i mottagarspolen (7) inducerade spänningen ( $S_1$ ),
  - bestämning av den tidsperiod ( $T_a$ ) som förflyter från tidpunkten ( $t_0$ ) för magnetfältets förändring i sändarspolen
  - 20 (3) fram till tidpunkten ( $t_1$ ) då en spänning börjar induceras i mottagarspolen (7),
  - bestämning av den i mottagarspolen (7) inducerade spänningens maximala storlek ( $S_{1max}$ ), och
  - utifrån erhållna mätvärden beräkning av mätobjektets (5)
  - 25 tjocklek och/eller elektriska ledningsförmåga.
2. Metod enligt patentkrav 1,
- kännetecknad av,**
- att mätobjektets (5) tjocklek eller elektriska ledningsförmåga
  - 30 beräknas utifrån tidsperioden ( $T_a$ ) och den i mottagarspolen (7) maximalt inducerade spänningen ( $S_{1max}$ ).

9571SE - 031231:UR

Ink. t. Patent- och reg.verket

21

2003-12-31

Huvudfaxen Kassan

3. Metod enligt patentkrav 1 eller 2,

**kännetecknad av,**att mätobjektets (5) tjocklek eller elektriska ledningsförmåga beräknas ur produkten av tidsperioden ( $T_a$ ) och den i5 mottagarspolen (7) maximalt inducerade spänningen ( $S_{\max}$ ).

4. Metod enligt något eller några av föregående patentkrav,

**kännetecknad av,**10 att mätobjektets (5) tjocklek eller elektriska ledningsförmåga beräknas ur det reciproka värdet av produkten av den i mottagarspolen (7) maximalt inducerade spänningens ( $S_{\max}$ ) kvadrat och tidsperioden ( $T_a$ ).

5. Metod enligt något eller några av föregående patentkrav,

15 **kännetecknad av,**att den i mottagarspolen (7) inducerade spänningen ( $S_1$ ) integreras och att mätobjektets (5) tjocklek eller elektriska ledningsförmåga beräknas ur denna integrerade signal ( $S_2$ ).

20 6. Metod enligt något eller några av föregående patentkrav,

**kännetecknad av,**att den i mottagarspolen (7) inducerade spänningen ( $S_1$ ) integreras och att mätobjektets (5) tjocklek eller elektriska ledningsförmåga beräknas ur denna integrerade signals ( $S_2$ ) värde vid minst två olika tidpunkter ( $t_2, t_3$ ).

7. Metod enligt patentkrav 6,

**kännetecknad av,**att de två olika tidpunkterna ( $t_2, t_3$ ) är på förhand bestämda.

30

9571SE - 031251JUR

Ink. t. Patent- och reg.verket

2003 -12- 3 1

22

Huvudfaxen Kasson

8. Metod enligt patentkrav 6 eller 7,  
**kännetecknad av,**  
att de två olika tidpunkterna ( $t_2, t_3$ ) förläggs inom  
tidsintervallet ( $T_b$ ) dvs mellan tidpunkten ( $t_0$ ) för en  
5 plötslig förändring av magnetfältet i sändarspolen (3) och  
tidpunkten ( $t_4$ ) då den inducerade spänningen ( $S_1$ ) i  
mottagarspolen (7) säkert sjunkit under sitt maximala värde  
( $S_{1max}$ ).
- 10 9. Metod enligt något av patentkraven 6 - 8,  
**kännetecknad av,**  
att de två olika tidpunkterna ( $t_2, t_3$ ) förläggs inom  
tidsintervallet ( $T_b$ ) men efter tidsperioden ( $T_a$ ).
- 15 10. Mätanordning för beröringsfri bestämning av en eller flera  
eftersökta egenskaper hos ett mätobjekt (5), såsom dess geome-  
triska dimension och/eller elektriska ledningsförmåga, inne-  
fattande minst en sändarspole (3) och minst en mottagarspole  
(7) placerade på avstånd från varandra samt medel för att  
20 alstra ett förändringsbart magnetiskt fält i sändarspolen (3)  
och medel för att detektera en i mottagarspolen (7) inducerad  
spänning ( $S_1$ ),  
**kännetecknad av,**  
- att sändarspolen (3) är anordnad att alstra ett  
25 förändringsbart magnetfält,  
- att mottagarspolen (7) är anordnad att alstra en spänning  
( $S_1$ ) när den utsätts för en magnetfältsförändring,  
- att en styrkrets (1) är anordnad att initiera en plötslig  
förändring av magnetfältet i sändarspolen (3),  
30 - att medel (10,11,12,13) är anordnade att bestämma tidpunkte  
( $t_1$ ) för magnetfältets genomträngning av mätobjektet (5) och  
därmed tidsperioden ( $T_a$ ),

- att medel (13) är anordnade att detektera den i mottagarspolen (7) maximalt inducerade spänningen ( $S_{lmax}$ ), och att medel (13) är anordnade att ur dessa värden beräkna mätobjektets (5) tjocklek eller elektriska ledningsförmåga.

5

11. Mätanordning enligt patentkrav 10,

**kännetecknad av,**

- att en integrator (10) är anordnad att integrera den i mottagarspolen (7) inducerade spänningssignalen ( $S_l$ ).

10

12. Mätanordning enligt patentkrav 10 eller 11,

**kännetecknad av,**

- att kretsar (10-12) är anordnade att mäta den i mottagarspolen (7) inducerad spänningen ( $S_l$ ) vid två olika tidpunkter ( $t_2, t_3$ ) efter tidpunkten (0) för avbrottet i sändarspolen (3).

15

13. Mätanordning enligt något eller några av patentkraven 10 till 12,

20

**kännetecknad av,**

att kretsar (10-13) är anordnade att detektera den tidsperiod ( $T_a$ ) som förflyter från tidpunkten ( $t_0$ ) för magnetfältets förändring i sändarspolen (3) fram till tidpunkten ( $t_1$ ) då en spänning börjar induceras i mottagarspolen (7)

25

14. Dataprogram innefattande datakod för utförande av metodstegen enligt något av kraven 1-9.

30

15. Dataläsbart medium innefattande åtminstone en del av dataprogrammet enligt krav 14.



46 21 181386

9571SE - 031231/UR

Ink. t. Patent- och reg.

2003-12-31

24

Huvudfaxen Kees:

16. Dataprogram enligt krav 14 som åtminstone delvis överföres via ett nätverk, såsom t.ex. internet.

17. Användning av en anordning enligt patentkraven 10 - 13.

5

46 21 181386

**Sammandrag**

- Föreliggande uppfinning avser en metod för beröringsfri mätning av en dimension och/eller en elektrisk egenskap, hos
- 5 ett elektriskt ledande mätobjekt genom användning av elektromagnetisk induktion, och vid vilken metod ett elektromagnetiskt fält bringas att tränga igenom mätobjektet. Den uppfinningsenliga metoden innebär;
- 10 - placering av en sändarspole 3 på ena sidan av mätobjektet 5,  
- placering av en mottagarspole 7 på andra, motsatta, sidan av mätobjektet 5,  
- alstring av ett magnetfält i sändarspolen 3,  
- plötslig förändring av det i sändarspolen 3 alstrade magnetfältet,
- 15 - detektering av den i mottagarspolen 7 inducerade spänningen  $S_1$ ,  
- bestämning av den tidsperiod  $T_a$  som förflyter från tidpunkten  $t_0$  för magnetfältets förändring i sändarspolen 3 fram till tidpunkten  $t_1$  då en spänning börjar induceras i
- 20 mottagarspolen 7,  
- bestämning av den i mottagarspolen 7 inducerade spänningens maximala storlek  $S_{1max}$ , och  
utifrån erhållna mätvärden beräkning av mätobjektets 5 tjocklek och/eller elektriska ledningsförmåga.

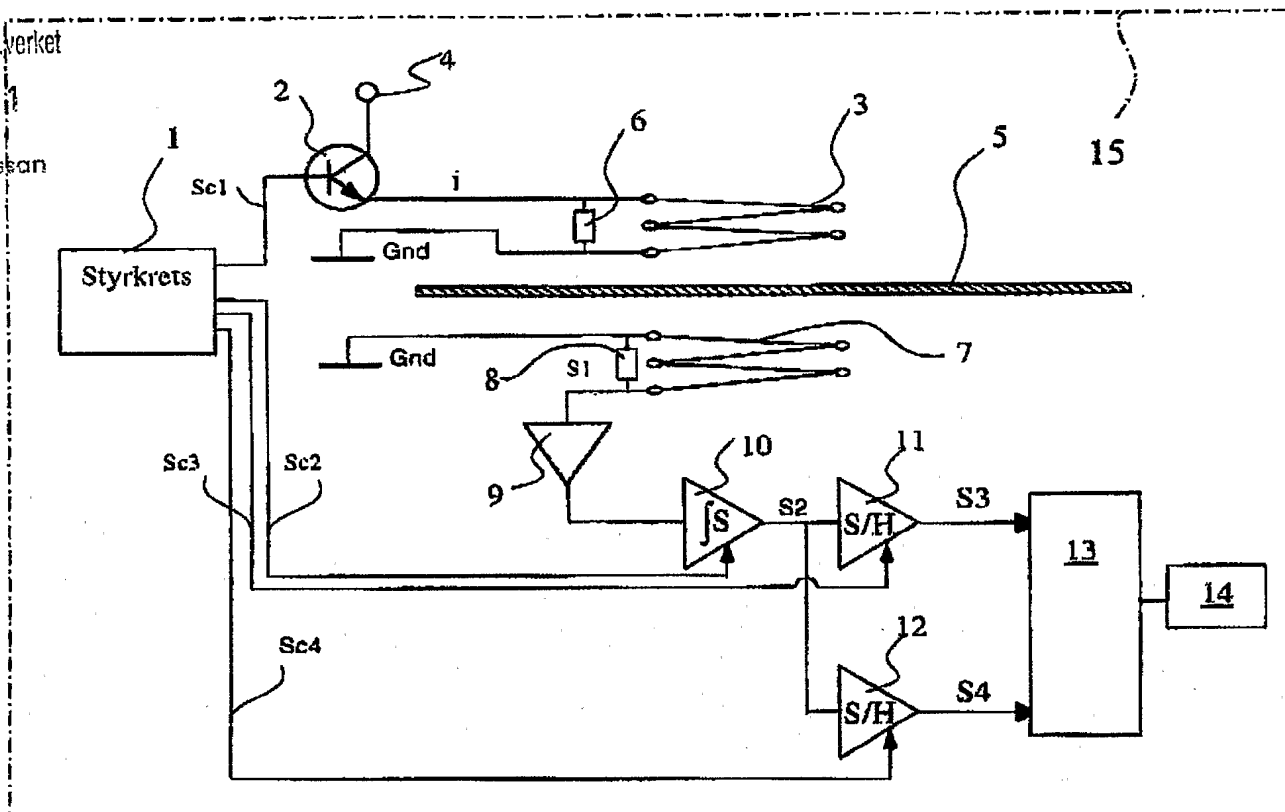
25

(Figur 4)

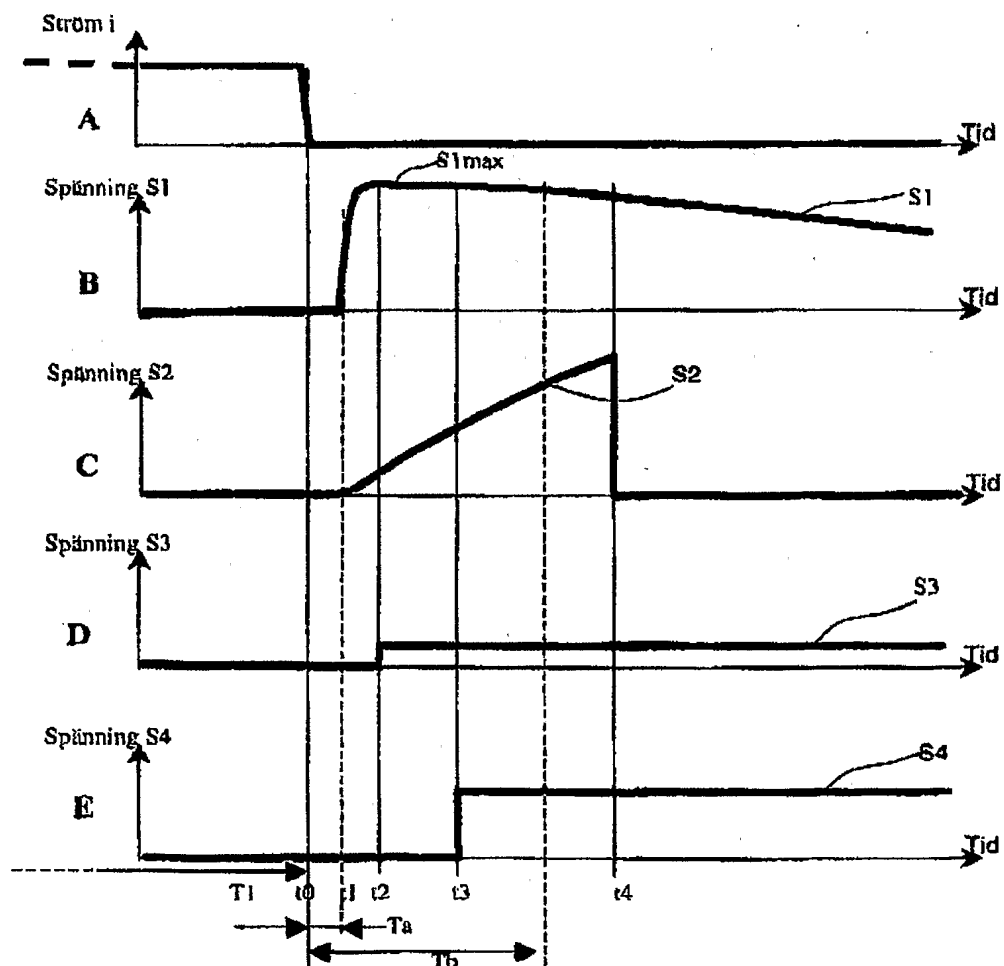
Ink. t. Patent- och reg.verket

2003-12-31

Huvudfoxen Kassan



Figur 1

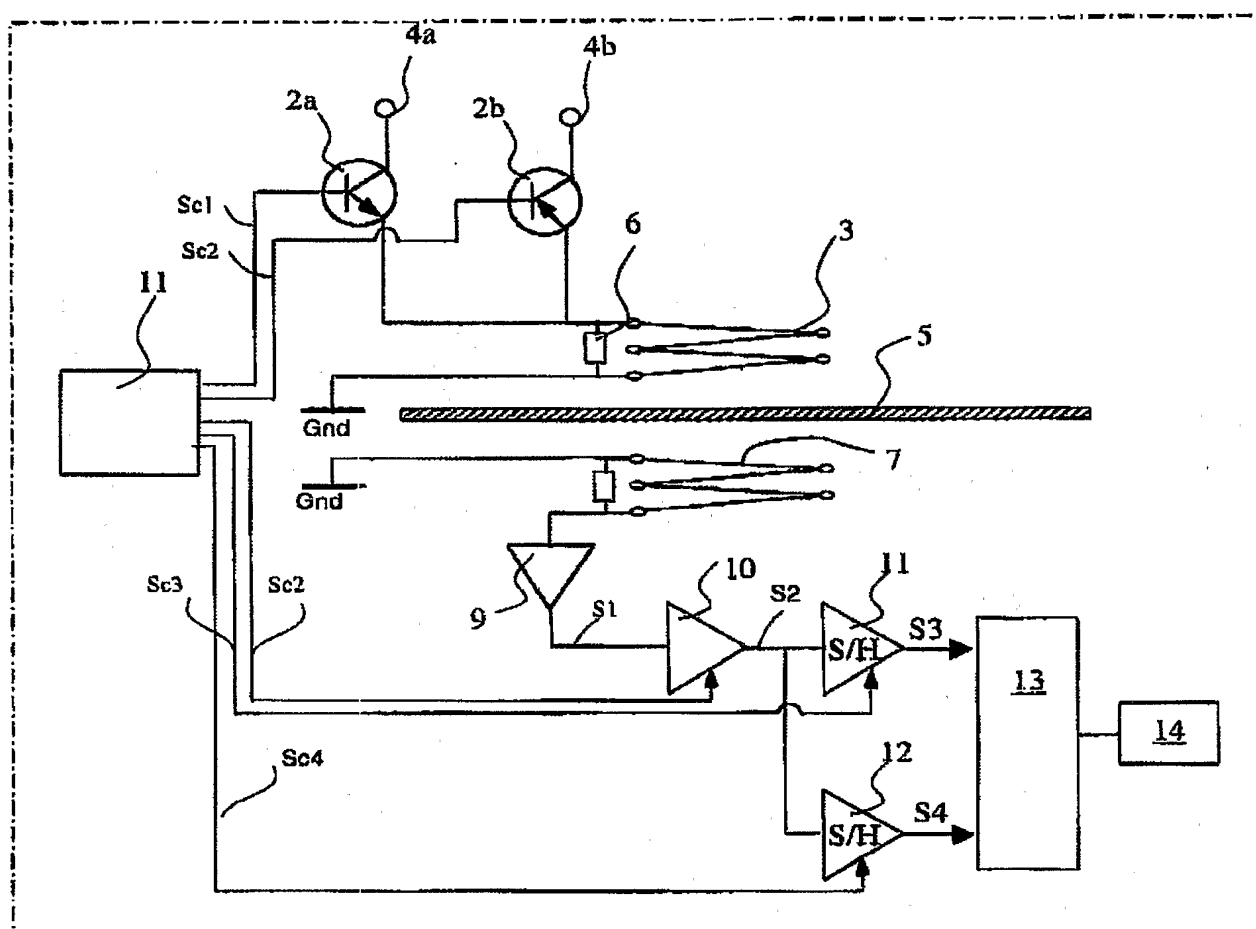


Ink. t. Patent- och reg.verket

2003-12-31

Huvudfaxen Kössan

2/3



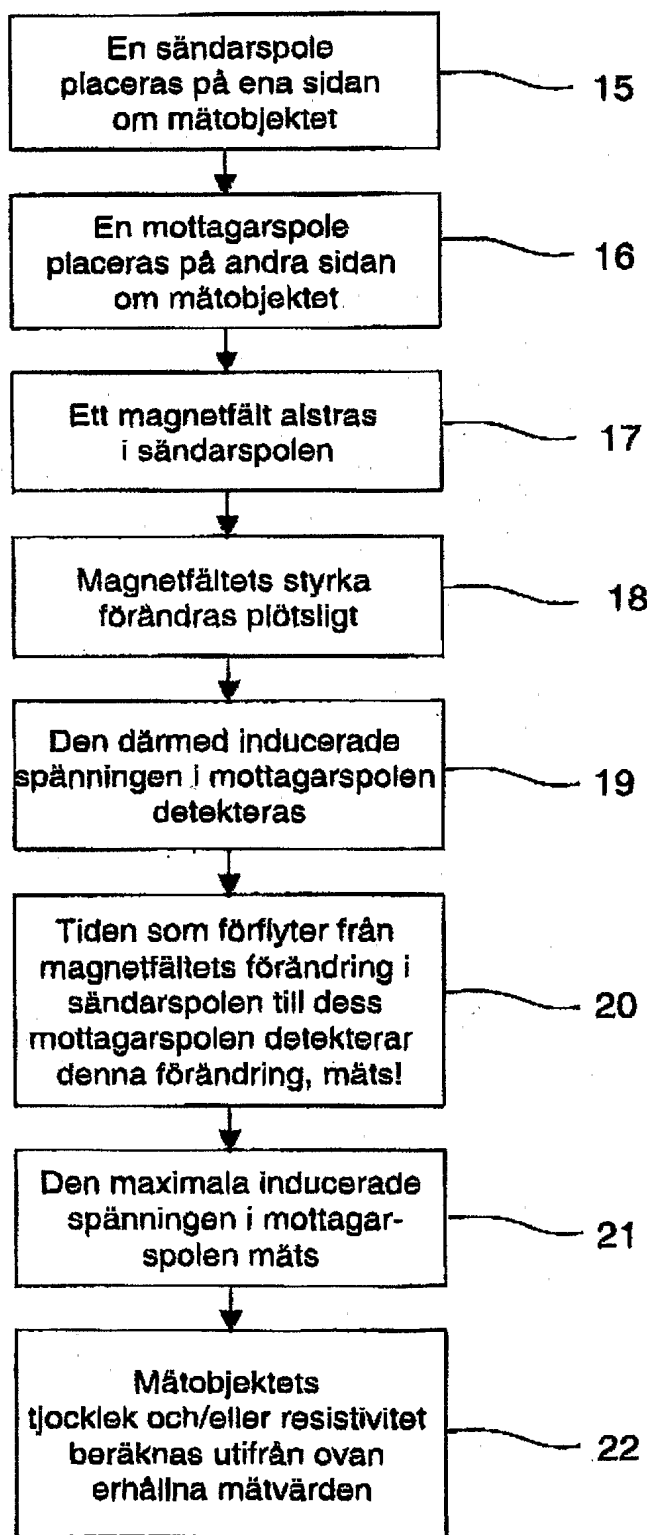
Figur 3

Ink. t. Patent- och reg.verket

2003 -12- 3 1

Huvudfaxen Kassa

3/3



Figur 4